

# PCT

## REQUÊTE

Le soussigné requiert que la présente demande internationale soit traitée conformément au Traité de coopération en matière de brevets.

Réservé à l'office récepteur

Demande internationale n°

Date du dépôt international

Nom de l'office récepteur et "Demande internationale PCT"

Référence du dossier du déposant ou du mandataire (facultatif)  
(12 caractères au maximum) G69 12PCT 03

Cadre n° I **TITRE DE L'INVENTION**  
Procédé et appareil de stérilisation de l'air destiné à la ventilation  
des locaux nécessitant un air à faible teneur en microorganismes.

Cadre n° II **DÉPOSANT** ☒ Cette personne est aussi inventeur

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

GAU Georges  
408, rue Paradis  
13008 MARSEILLE

n° de téléphone

n° de télécopieur

n° de téléimprimeur

n° sous lequel le déposant est inscrit auprès de l'office

Nationalité (nom de l'État) : FRANCE

Domicile (nom de l'État) : FRANCE

Cette personne est déposant pour : ☒ tous les États désignés ☐ tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique ☐ les États-Unis d'Amérique seulement ☐ les États indiqués dans le cadre supplémentaire

Cadre n° III **AUTRE(S) DÉPOSANT(S) OU (AUTRE(S)) INVENTEUR(S)**

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays. Le pays de l'adresse indiquée dans ce cadre est l'État où le déposant a son domicile si aucun domicile n'est indiqué ci-dessous.)

Cette personne est :

☐ déposant seulement

☐ déposant et inventeur

☐ inventeur seulement (Si cette case est cochée, ne pas remplir la suite.)

n° sous lequel le déposant est inscrit auprès de l'office

Nationalité (nom de l'État) :

Domicile (nom de l'État) :

Cette personne est déposant pour : ☐ tous les États désignés ☐ tous les États désignés sauf les États-Unis d'Amérique ☐ les États-Unis d'Amérique seulement ☐ les États indiqués dans le cadre supplémentaire

☐ D'autres déposants ou inventeurs sont indiqués sur une feuille annexe.

Cadre n° IV **MANDATAIRE OU REPRÉSENTANT COMMUN; OU ADRESSE POUR LA CORRESPONDANCE**

La personne dont l'identité est donnée ci-dessous est/ a été désignée pour agir au nom du ou des déposants auprès des autorités internationales compétentes, comme: ☒ mandataire ☐ représentant commun

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.)

MAREK Pierre  
28 et 32, rue de la Loge  
13002 MARSEILLE  
France

n° de téléphone  
04.91.91.57.54

n° de télécopieur  
04.91.90.94.71

n° de téléimprimeur

n° sous lequel le mandataire est inscrit auprès de l'office

☐ Adresse pour la correspondance : cocher cette case lorsque aucun mandataire ni représentant commun n'est/n'a été désigné et que l'espace ci-dessus est utilisé pour indiquer une adresse spéciale à laquelle la correspondance doit être envoyée.

BEST AVAILABLE COPY

## Cadre n° V DÉSIGNATION D'ÉTATS

Cocher les cases appropriées; une au moins doit être cochée.

Les désignations suivantes sont faites conformément à la règle 4.9.a) :

## Brevet régional

- ☒ AP Brevet ARIPO : GH Ghana, GM Gambie, KE Kenya, LS Lesotho, MW Malawi, MZ Mozambique, SD Soudan, SL Sierra Leone, SZ Swaziland, TZ République-Unie de Tanzanie, UG Ouganda, ZM Zambie, ZW Zimbabwe et tout autre État qui est un État contractant du Protocole de Harare et du PCT (si une autre forme de protection ou de traitement est souhaitée, le préciser sur la ligne pointillée) .....
- ☒ EA Brevet eurasien : AM Arménie, AZ Azerbaïdjan, BY Bélarus, KG Kirghizistan, KZ Kazakhstan, MD République de Moldova, RU Fédération de Russie, TJ Tadjikistan, TM Turkménistan et tout autre État qui est un État contractant de la Convention sur le brevet eurasien et du PCT
- ☒ EP Brevet européen : AT Autriche, BE Belgique, BG Bulgarie, CH & LI Suisse et Liechtenstein, CY Chypre, CZ République tchèque, DE Allemagne, DK Danemark, EE Estonie, ES Espagne, FI Finlande, FR France, GB Royaume-Uni, GR Grèce, IE Irlande, IT Italie, LU Luxembourg, MC Monaco, NL Pays-Bas, PT Portugal, SE Suède, SK Slovaquie, TR Turquie et tout autre État qui est un État contractant de la Convention sur le brevet européen et du PCT
- ☒ OA Brevet OAPI : BF Burkina Faso, BJ Bénin, CF République centrafricaine, CG Congo, CI Côte d'Ivoire, CM Cameroun, GA Gabon, GN Guinée, GQ Guinée équatoriale, GW Guinée-Bissau, ML Mali, MR Mauritanie, NE Niger, SN Sénégal, TD Tchad, TG Togo et tout autre État qui est un État membre de l'OAPI et un État contractant du PCT (si une autre forme de protection ou de traitement est souhaitée, le préciser sur la ligne pointillée) .....

Brevet national (si une autre forme de protection ou de traitement est souhaitée, le préciser sur la ligne pointillée) :

- |                                                                     |                                                                                   |                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> AE Émirats arabes unis          | <input checked="" type="checkbox"/> GM Gambie                                     | <input checked="" type="checkbox"/> NZ Nouvelle-Zélande            |
| <input checked="" type="checkbox"/> AG Antigua-et-Barbuda           | <input checked="" type="checkbox"/> HR Croatie                                    | <input checked="" type="checkbox"/> OM Oman                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> AL Albanie                      | <input checked="" type="checkbox"/> HU Hongrie                                    | <input checked="" type="checkbox"/> PH Philippines                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> AM Arménie                      | <input checked="" type="checkbox"/> ID Indonésie                                  | <input checked="" type="checkbox"/> PL Pologne                     |
| <input checked="" type="checkbox"/> AT Autriche                     | <input checked="" type="checkbox"/> IL Israël                                     | <input checked="" type="checkbox"/> PT Portugal                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> AU Australie                    | <input checked="" type="checkbox"/> IN Inde                                       | <input checked="" type="checkbox"/> RO Roumanie                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> AZ Azerbaïdjan                  | <input checked="" type="checkbox"/> IS Islande                                    | <input checked="" type="checkbox"/> RU Fédération de Russie        |
| <input checked="" type="checkbox"/> BA Bosnie-Herzégovine           | <input checked="" type="checkbox"/> JP Japon                                      |                                                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> BB Barbade                      | <input checked="" type="checkbox"/> KE Kenya                                      | <input checked="" type="checkbox"/> SD Soudan                      |
| <input checked="" type="checkbox"/> BG Bulgarie                     | <input checked="" type="checkbox"/> KG Kirghizistan                               | <input checked="" type="checkbox"/> SE Suède                       |
| <input checked="" type="checkbox"/> BR Brésil                       | <input checked="" type="checkbox"/> KP République populaire démocratique de Corée | <input checked="" type="checkbox"/> SG Singapour                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> BY Bélarus                      | <input checked="" type="checkbox"/> KR République de Corée                        | <input checked="" type="checkbox"/> SI Slovénie                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> BZ Belize                       | <input checked="" type="checkbox"/> KZ Kazakhstan                                 | <input checked="" type="checkbox"/> SK Slovaquie                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> CA Canada                       | <input checked="" type="checkbox"/> LC Sainte-Lucie                               | <input checked="" type="checkbox"/> SL Sierra Leone                |
| <input checked="" type="checkbox"/> CH & LI Suisse et Liechtenstein | <input checked="" type="checkbox"/> LK Sri Lanka                                  | <input checked="" type="checkbox"/> TJ Tadjikistan                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> CN Chine                        | <input checked="" type="checkbox"/> LR Liberia                                    | <input checked="" type="checkbox"/> TM Turkménistan                |
| <input checked="" type="checkbox"/> CO Colombie                     | <input checked="" type="checkbox"/> LS Lesotho                                    | <input checked="" type="checkbox"/> TN Tunisie                     |
| <input checked="" type="checkbox"/> CR Costa Rica                   | <input checked="" type="checkbox"/> LT Lituanie                                   | <input checked="" type="checkbox"/> TR Turquie                     |
| <input checked="" type="checkbox"/> CU Cuba                         | <input checked="" type="checkbox"/> LU Luxembourg                                 | <input checked="" type="checkbox"/> TT Trinité-et-Tobago           |
| <input checked="" type="checkbox"/> CZ République tchèque           | <input checked="" type="checkbox"/> LV Lettonie                                   | <input checked="" type="checkbox"/> TZ République-Unie de Tanzanie |
| <input checked="" type="checkbox"/> DE Allemagne                    | <input checked="" type="checkbox"/> MA Maroc                                      | <input checked="" type="checkbox"/> UA Ukraine                     |
| <input checked="" type="checkbox"/> DK Danemark                     | <input checked="" type="checkbox"/> MD République de Moldova                      | <input checked="" type="checkbox"/> UG Ouganda                     |
| <input checked="" type="checkbox"/> DM Dominique                    | <input checked="" type="checkbox"/> MG Madagascar                                 | <input checked="" type="checkbox"/> US États-Unis d'Amérique       |
| <input checked="" type="checkbox"/> DZ Algérie                      | <input checked="" type="checkbox"/> MK Ex-République yougoslave de Macédoine      |                                                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> EC Équateur                     | <input checked="" type="checkbox"/> MN Mongolie                                   | <input checked="" type="checkbox"/> UZ Ouzbékistan                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> EE Estonie                      | <input checked="" type="checkbox"/> MW Malawi                                     | <input checked="" type="checkbox"/> VN Viet Nam                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> ES Espagne                      | <input checked="" type="checkbox"/> MX Mexique                                    | <input checked="" type="checkbox"/> YU Yougoslavie                 |
| <input checked="" type="checkbox"/> FI Finlande                     | <input checked="" type="checkbox"/> MZ Mozambique                                 | <input checked="" type="checkbox"/> ZA Afrique du Sud              |
| <input checked="" type="checkbox"/> GB Royaume-Uni                  | <input checked="" type="checkbox"/> NO Norvège                                    | <input checked="" type="checkbox"/> ZM Zambie                      |
| <input checked="" type="checkbox"/> GD Grenade                      |                                                                                   | <input checked="" type="checkbox"/> ZW Zimbabwe                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> GE Géorgie                      |                                                                                   |                                                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> GH Ghana                        |                                                                                   |                                                                    |

Les cases ci-dessous sont réservées à la désignation d'États qui sont devenus parties au PCT après la publication de la présente feuille :

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Déclaration concernant les désignations de précaution : outre les désignations faites ci-dessus, le déposant fait aussi conformément à la règle 4.9.b) toutes les désignations qui seraient autorisées en vertu du PCT, à l'exception de toute désignation indiquée dans le cadre supplémentaire comme étant exclue de la portée de cette déclaration. Le déposant déclare que ces désignations additionnelles sont faites sous réserve de confirmation et que toute désignation qui n'est pas confirmée avant l'expiration d'un délai de 15 mois à compter de la date de priorité doit être considérée comme retirée par le déposant à l'expiration de ce délai. (La confirmation (y compris les taxes) doit parvenir à l'office récepteur dans le délai de 15 mois.)

La présente invention concerne un procédé et un appareil de stérilisation de l'air destiné à la ventilation des locaux nécessitant un air à faible teneur en microorganismes. Cette stérilisation est obtenue par un procédé thermique, c'est à dire par élévation de la température de l'air à l'aide d'une résistance électrique et récupération de l'enthalpie du gaz chaud par transfert à l'air froid introduit dans l'appareil et prélevé à l'intérieur ou à l'extérieur des locaux.

L'air stérile ainsi produit peut être utilisé pour la pressurisation d'un local – chambre d'hôpital, cabinet dentaire, etc – mais également pour créer, à l'intérieur d'une pièce une zone stérile à proximité d'une table d'opération chirurgicale ou d'une unité de traitement de produits alimentaires ou de médicaments.

La contamination biologique de l'air des locaux est due essentiellement à des bactéries dont certaines peuvent présenter, sous forme de spores, une résistance accrue à des températures relativement élevées.

#### ETAT DE L'ART ANTERIEUR

On cite, simplement pour mémoire, la stérilisation chimique à l'aide de certains produits (ozone, formol, oxyde d'éthylène) ou la stérilisation au moyen de rayonnement ultraviolet. Ces méthodes sont plus généralement utilisées pour stériliser des instruments plutôt que pour traiter des grands débits d'air tels que ceux qui sont nécessaires pour la ventilation partielle ou totale des locaux.

La technique généralement utilisée est la filtration sur support poreux ; le filtre retient à la fois les particules solides inertes et, dans certains cas, les bactéries dont la taille est en général inférieure à 2 microns (micromètres). Les filtres dénommés « absolus », ou à très haute efficacité, ou HEPA, ont un pouvoir de filtration qui permet d'arrêter les bactéries de taille égale à 0,3 microns. Leur coût (achat et entretien) est élevé et leur efficacité est variable au cours du temps par suite du colmatage. Ce coût est très sensible à la taille des particules à éliminer. La filtration absolue doit être toujours précédée d'une filtration classique très efficace. L'appareil selon l'invention a une efficacité indépendante de la taille, et il ne subit pas de colmatage, même après de longues périodes d'usage. Il peut même, dans certains cas, neutraliser simultanément les bactéries, virus, squames épidermiques,

moisissures, champignons et les aérosols solides ou liquides, sans qu'il soit indispensable d'utiliser une filtration préalable très poussée, ce qui peut être très utile quand on veut recirculer l'air d'un local.

5 Par ailleurs, les mesures d'intégrité des filtres absolus et les mesures d'aérocontamination sont difficiles à automatiser et elles ne peuvent pas être utilisées pour des contrôles systématiques et routiniers. La régulation automatique de la température de stérilisation offre une meilleure garantie dans le cas du stérilisateur selon l'invention.

10 Il est certain que la filtration absolue conservera toujours son importance pour les blocs opératoires modernes dans lesquels on réalise des opérations complexes avec plaies profondes ou prothèses osseuses. En chirurgie générale ou en chirurgie endoscopique, les normes de stérilité sont moins strictes.

15 Il existe donc un très large domaine d'applications parmi lesquelles la stérilisation par traitement thermique trouvera des débouchés, ce qui permettra, grâce à un coût acceptable, de généraliser la décontamination par ventilation.

20 L'appareil selon l'invention est partiellement basé sur le principe fondamental des échangeurs régénératifs, cycliques, à inversion de flux. Ce principe a été illustré dans le livre : W. M. Kayes and A. L. London « Compact Heat Exchangers », 2<sup>nd</sup> Edition, Mc Graw-Hill, New York, 1964 (voir p 27) ainsi que dans la première édition publiée en 1952.

25 L'appareil cyclique à inversion de flux a rarement été utilisé et, à notre connaissance n'a pas trouvé d'application dans le traitement de l'air pour la ventilation des locaux. On lui a préféré les échangeurs à plaques à courants croisés bien qu'ils aient des efficacités inférieures.

Deux brevets décrivant la mise en œuvre de l'appareil cyclique ont été octroyés à l'auteur de la présente demande.

30 Le Brevet Européen 1.029.203 décrit l'utilisation d'un échangeur dans la récupération de l'enthalpie et de l'humidité de l'air extrait des locaux pour les transférer à l'air entrant ; cet appareil correspond donc exactement à ce qu'on désigne comme un appareil de ventilation à double flux avec récupération d'énergie. Il opère avec un circuit d'air propre et un circuit d'air vicié avec deux bacs et deux ventilateurs.

Le brevet Européen 0.607.379 est destiné à la combustion catalytique des hydrocarbures, c'est à dire à l'élimination des polluants chimiques. Il décrit un appareil comportant deux empilements destinés au stockage de la chaleur, lesquels ne sont pas placés dans deux bacs séparés mais dans un même bac qui contient également le catalyseur. La perte de charge totale (empilements + catalyseur) est relativement élevée, mais on ne recherche pas une efficacité d'épuration ou une efficacité de transfert de chaleur très élevée. Un appareil cyclique que l'on peut considérer comme classique est donc suffisant en dépit de ses inconvénients.

La conception d'un appareil cyclique, destiné à produire de l'air stérile à proximité de l'utilisateur, dans le même local, avec une très haute efficacité de stérilisation, voisine de 99,9%, nécessite la résolution de sérieux problèmes. L'invention vise à mettre à disposition un appareil permettant de solutionner ces problèmes et d'obtenir, simultanément, une réduction importante du volume de l'appareil, de sa consommation d'énergie et de son coût d'investissement et par conséquent d'obtenir un système qui peut être installé non seulement dans les établissements de soins médicaux ou dentaires mais également dans les maisons, écoles, ateliers, commerces, ou autres locaux. Dans son application à l'équipement des établissements de soins médicaux, le fonctionnement non bruyant de l'appareil permet d'envisager son installation à proximité des malades.

#### DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'INVENTION

La présente invention concerne un appareil destiné à stériliser l'air des locaux ; il est essentiellement composé d'un échangeur de chaleur, cyclique, à inversion de flux, permettant de récupérer au moins une fraction de l'enthalpie nécessaire pour élever la température de l'air ambiant à la température de stérilisation et la transmettre à l'air à traiter ; l'échangeur de chaleur comprend deux zones incluses dans une enceinte unique qui peut être installée horizontalement ou verticalement, et, dans lesquelles sont disposés deux empilements de grilles métalliques destinés à accumuler la chaleur (enthalpie) de l'air qui les traverse ; ces grilles sont disposées perpendiculairement au flux gazeux, c'est-à-dire perpendiculairement à ce que nous désignerons « axe principal » ou « axe de symétrie » ; entre ces deux zones, et, plus précisément, entre les deux empilements de grilles

métalliques, est disposée une résistance électrique fournissant l'énergie électrique nécessaire ; les grilles sont constituées de tissus métalliques continus tissés avec des fils dont le diamètre est compris entre 0,1 mm et 1 mm ; ces grilles métalliques ont une porosité volumique comprise entre 75 % et 95 % et, par conséquent, les empilements de grilles ont une porosité légèrement supérieure ; chaque empilement de grilles a une conductivité thermique plus élevée dans la direction perpendiculaire à l'axe principal et au flux gazeux que dans la direction de ce flux, direction parallèle à l'axe principal ; un ventilateur centrifuge est utilisé pour faire circuler l'air dans la direction de l'axe principal, dans un sens ou, après inversion, dans le sens opposé, perpendiculairement aux grilles métalliques ; un système de programmation cyclique permet d'ouvrir ou de fermer les électrovannes d'un ensemble d'électrovannes, et cela avec une durée de cycle inférieure à une minute.

A l'aspiration du ventilateur centrifuge, est placé un filtre à particules solides de faible efficacité et facilement amovible.

Selon le procédé de l'invention, le ventilateur souffle l'air ambiant aspiré à travers l'une des électrovannes principales, pendant un demi-cycle, l'air entrant par cette électrovanne traverse une chambre de distribution (plénum), puis un empilement de grilles, puis une résistance électrique, puis l'autre empilement de grilles, puis une deuxième électrovanne principale, pour être ensuite soit injecté dans le local, soit recyclé vers l'aspiration du ventilateur, à travers une troisième électrovanne (électrovanne de purge). Pendant le demi-cycle suivant, le flux est inversé. Les deux vannes principales sont donc maintenues soit ouvertes soit fermées pendant un demi-cycle. Les deux vannes de purge sont également actionnées par le programmeur mais leur temps d'ouverture est relativement court et fonction de la quantité d'air que l'on désire recycler.

Pour améliorer la distribution du profil de vitesse à l'entrée d'un empilement de grilles, la chambre de distribution (plénum) qui le précède doit avoir un volume relativement grand, supérieur ou égal au volume de l'empilement de grilles. On peut donc considérer que l'air contenu dans cette chambre ainsi que celui contenu dans l'empilement de grilles correspondant n'est pas stérile et que, en l'absence de recyclage, au début de l'inversion,

l'air serait pollué. L'efficacité moyenne de l'appareil serait réduite. L'utilisation des deux électrovannes de purge est donc l'une des caractéristiques importantes de l'appareil suivant l'invention.

Une autre caractéristique importante de l'invention est la mise en œuvre simultanée d'un garnissage de grande porosité volumique et très faible  
5 perte de charge, d'une longueur relativement courte, associée à une fréquence d'inversion élevée, le métal constitutif des grilles étant très bon conducteur de la chaleur (aluminium ou cuivre). L'effet de la conduction serait très faible en régime permanent : il est très important en régime cyclique car  
10 la chaleur accumulée pendant un demi-cycle peut se redistribuer tout au long d'une grille et compenser ainsi l'inefficacité relative due à une distribution imparfaite de l'air dans l'appareil.

Par conséquent, grâce à la combinaison de ses différentes caractéristiques, l'appareil présenté permet bien d'obtenir l'objectif  
15 recherché : stérilisation efficace et économique d'un débit d'air important, avec un appareil compact, autonome et de faible niveau sonore

#### DESCRIPTION DU DESSIN

La Figure 1 montre le schéma de principe du stérilisateur ou appareil de stérilisation thermique de l'invention montré lors d'un demi-cycle lors  
20 duquel l'air circule de gauche à droite, perpendiculairement aux empilements de grilles.

La figure 2 est une vue schématique analogue à la figure 1 et montrant la circulation du flux d'air en sens inverse, durant le demi-cycle suivant.

La figure 3 est une vue schématique analogue aux précédentes et montrant l'une des électrovannes de purge en position d'ouverture, de façon à  
25 permettre le recyclage de l'air non traité à la fin de chaque demi-cycle.

Selon le procédé de l'invention, l'air à stériliser est mis en circulation forcée, de manière cyclique et selon des flux de sens alternativement contraires, par exemple au moyen d'un ventilateur et d'électrovannes de  
30 distribution, à travers une enceinte de stérilisation thermique renfermant une résistance électrique positionnée entre deux empilements de grilles métalliques, perpendiculairement audits empilements de grilles.

De manière avantageuse, on réalise une dissipation de l'énergie du flux gazeux en le faisant transiter dans cette zones vides ou plenums réservées à l'entrée et à la sortie de l'enceinte de stérilisation thermique.

5 D'autre part, de préférence, la fréquence de l'inversion du sens du flux d'air est supérieure à une inversion par minute et chaque cycle est constitué de deux demi-cycles, d'égale durée, et l'air non traité à la fin de chaque demi-cycle est recyclé vers l'aspiration du ventilateur.

#### DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

10 L'appareil comprend un ventilateur centrifuge 1, muni d'un filtre 2 destiné à éliminer les poussières et les particules en suspension, et qui est positionné pour souffler l'air provenant de la rue ou des gaines de ventilation de l'immeuble vers quatre électrovannes dont deux désignées par la référence 3 peuvent être considérées comme les électrovannes principales et  
15 les deux autres désignées par la référence 4 comme les électrovannes de purge et de recyclage. Ces électrovannes sont actionnées par des électroaimants ou par des petits moteurs électriques ou autres, activés par un programmeur cyclique (non représenté) connu en soi.

Les vannes principales 3 permettent d'introduire l'air à traiter vers l'une ou l'autre des deux entrées de l'enceinte dans laquelle sont rassemblés les  
20 éléments de stérilisation 7-8-9 décrits ci-après. Dans la position indiquée sur la figure 1 du dessin, correspondant à la première moitié du cycle, l'air entre en 5 et sort en 6. Dans la deuxième moitié du cycle (figure 2), après inversion de l'état des électrovannes, l'air entre en 6 et sort en 5. Les références 5 et 6 désignent des zones ou chambres vides, ou "plenums". Ces zones vides ou  
25 "plenums" 5 et 6 ont des volumes au moins égaux ou supérieurs aux volumes des zones de stérilisation 8 et 9.

La zone de stérilisation comprise entre les entrées-sorties 5, 6, est constituée de trois parties incluses dans une enceinte unique 12 :

- un élément 7 constitué par une résistance électrique bien répartie dans une  
30 section perpendiculaire au flux et du type mentionné ci-après.
- deux zones 8 et 9 remplies avec des empilements de grilles métalliques disposées perpendiculairement au flux gazeux ou à l'axe de symétrie principal et qui jouent le rôle d'accumulateurs de chaleur. Les caractéristiques de ces grilles sont également précisées dans l'exposé qui suit.



Grâce à ces dispositifs, on obtient un échangeur de chaleur cyclique à inversion de flux opérant par accumulation de la chaleur (enthalpie) de l'air dans le métal des grilles métalliques. Cet échangeur fonctionne en régime cyclique c'est à dire dans un régime dynamique qu'on désigne sous le nom de régime pseudo-stationnaire.

Son fonctionnement est le suivant (figure 1) : après une période d'échauffement des grilles, l'air qui entre en 5 à 25°C est préchauffé par l'empilement de grilles 8 jusqu'à une température voisine (190°C) de la température maximum désirée (200°C) puis réchauffé de 10°C par la résistance électrique 7 avant d'être refroidi par l'empilement de grilles 9 jusqu'à environ 33°C.

Après inversion de l'état des deux électrovannes principales 3, l'empilement de grilles 9 sert de préchauffeur et l'empilement de grilles 8 de refroidisseur (figure 2).

L'apport calorifique obtenu par la résistance 7 pourrait être très faible si on parvenait à refroidir l'air à une température égale à sa température d'entrée.

Pour réaliser cela, il faudrait que les deux empilements de grilles aient une très grande longueur, c'est à dire un grand nombre de grilles et une grande surface d'échange ce qui évidemment n'est pas économique (volume important et perte de charge élevée). La température de sortie en 6 est nécessairement plus élevée (de 7°C avec les données indiquées précédemment) que la température d'entrée en 5. On dit alors que l'efficacité proprement dite de l'échangeur est de :

$$(200 - 33) / (200 - 25) = 95,4 \%$$

L'enthalpie, correspondant aux 10°C, fournie par la résistance électrique est donc utilisée pour compenser la perte de 7°C (inefficacité de l'échangeur 4,6 %) et une perte équivalente à 3°C pour compenser les pertes à travers le calorifugeage 10.

Cette présentation simplifiée, mais plus imagée, du bilan enthalpique, ne serait pas modifiée si on prenait en considération l'évolution des températures de sortie pendant la durée d'un demi cycle.

La résistance électrique 7 doit présenter une surface d'échange relativement élevée et être disposée à travers la section carrée ou

rectangulaire de la zone de stérilisation, de manière à répartir l'énergie le plus uniformément possible sur toute la section. La méthode la plus simple est d'utiliser une résistance nue en nickel – chrome qui se présente sous la forme d'un long boudin (ressort hélicoïdal) et qui traverse de nombreuses fois cette section, à intervalles réguliers.

La période de démarrage et de stabilisation se présente de la manière suivante : on appuie sur le bouton de l'interrupteur de l'installation électrique de l'appareil, qui met en fonctionnement, simultanément, le ventilateur 1, le programmeur électronique (non représenté) et la résistance électrique 7. La température maximum du garnissage (mesurée en un point situé vers le milieu de l'appareil) augmente progressivement pour atteindre, après environ soixante cycles d'inversion, c'est à dire environ vingt minutes, la température choisie lors de la conception de l'appareil. Un régulateur de température n'est pas indispensable.

Le régime pseudo-stationnaire est dès lors atteint et les performances de l'appareil restent constantes au cours du temps.

Une propriété essentielle de l'appareil est de minimiser l'apport d'énergie à la résistance et au ventilateur et cela sans augmenter le coût d'investissement. Pour cela on a trouvé que le système d'échange de chaleur par accumulation devait satisfaire aux caractéristiques suivantes :

1) Utilisation de grilles métalliques (toiles tissées ou métal déployé) présentant une grande surface spécifique (mètres carrés de surface par mètre cube d'empilement). Le diamètre des fils (ou le diamètre équivalent dans le cas du métal déployé) doit être petit pour augmenter le transfert de chaleur entre l'air et le métal. Par ailleurs, cette grande surface doit correspondre à un volume d'empilement relativement important, obtenu avec des grilles de porosité volumique élevée, ou (ce qui est en général équivalent) un pourcentage de vide élevé, condition indispensable pour réduire la perte de charge nécessaire et fournie par le ventilateur.

2) Utilisation de grilles métalliques ayant une porosité volumique comprise entre 75 % et 95 %, et des fils de diamètre compris entre 0,1 mm et 1 mm, constituant la meilleure solution pour minimiser la consommation d'énergie (résistance et ventilateur).

3) La fréquence du cycle d'inversion doit être élevée, supérieure à 1 cycle par minute. Par exemple, la durée d'un cycle peut être de 20 secondes, de sorte que le sens de circulation de l'air à travers l'enceinte de stérilisation est inversé toutes les 10 secondes.

5 4) Une quatrième caractéristique est l'obtention de profils de vitesses le plus plat possible à l'entrée et à l'intérieur des deux empilements. Un profil non plat se traduit par l'équivalent d'un bipasse (renardage) et par conséquent par une baisse d'efficacité de l'échangeur de chaleur, ce qui conduit à augmenter le nombre de grilles et à augmenter la perte de charge. Un profil de vitesse  
10 relativement satisfaisant est obtenu grâce à la combinaison des dispositions suivantes :

- Utilisation de volets de distribution d'air s'étendant sur toute la profondeur de l'appareil, orientés obliquement (environ à 45°) ; de préférence, la section de l'enceinte de stérilisation est carrée ou rectangulaire et les volets  
15 constitutifs des vannes ont la même longueur que le côté le plus grand de la section ; on observe que les volets des vannes de distribution sont aussi pourvus de déflecteurs ou répartiteurs permettant de répartir l'air sur toute la section d'entrée des zones de stérilisation.

- Dissipation de l'énergie cinétique du flux gazeux dans les zones vides ou  
20 "plénums" 5 et 6 dont le volume est égal ou supérieur aux volumes des zones 8 et 9 des empilements (ce qui n'a pas été représenté sur la Figure 1, par souci de simplification).

- Utilisation, dans une même enceinte, de l'empilement de préchauffage et de l'empilement de récupération, ce qui contribue à niveler les imperfections du  
25 front de vitesse à l'entrée car la perte de charge « utile » est double et, d'autre part, le profil plat obtenu à la sortie d'un empilement se transmet à l'empilement qui le suit. On peut parler de perte de charge « utile » car il est bien connu en aéraulique qu'une perte de charge élevée réduit l'effet de bipasse.

30 - Chaque empilement de grilles 8, 9, est précédé d'une plaque perforée 11 (distributeur), percée de nombreux trous de diamètres différents, dont le nombre et la taille sont définis, dans chaque cas particulier, après une étude de la distribution des vitesses mesurée avec des instruments appropriés (anémomètre à fil chaud par exemple) ; autrement dit, une plaque perforée 11

est placée entre chaque zone vide 5 ou 6 et la zone de stérilisation adjacente 8 ou 9, cette grille distributrice matérialisant alternativement la face d'entrée et la face de sortie de chaque empilement de grilles ou zone de stérilisation.

5) Une autre caractéristique essentielle est l'utilisation de grilles métalliques constituées avec un métal très bon conducteur de la chaleur. En effet, même lorsque toutes les conditions citées précédemment sont remplies, la distribution des vitesses ne sera jamais parfaitement plate. Mais le but recherché n'est pas, en tant que tel, d'obtenir ce profil plat mais un front de températures aussi plat que possible pour que toutes les particules solides (bactéries ou spores) soient portées à la température maximum (et cela quel que soit leur point d'entrée dans l'empilement de grilles métalliques). La conduction thermique, le long des fils d'une grille contribue bien à aplatir le front de température ; mais le calcul et l'expérience montrent que, en régime permanent, cet effet n'est pas très important, car l'air traverse chaque empilement en moins de 1/10 ème de sec., un temps trop court pour que l'équilibrage des températures d'une même grille puisse être efficace.

Mais il n'en est pas de même en régime cyclique pseudo-stationnaire. Pour des cycles de 20 sec. (demi-cycle : 10 sec), la conduction permet un rééquilibrage des températures pendant un temps beaucoup plus long (soit 100 fois plus), à condition évidemment que le métal soit bon conducteur comme le montre le gain d'efficacité thermique obtenu dans l'exemple 2 ci-après.

Il est par ailleurs bien évident que la conduction d'une grille vers les deux grilles voisines a un effet nul tant en régime permanent, qu'en régime pseudo-stationnaire, car cette conduction ne peut se faire que sur quelques points de contact (dont la surface équivalente est nulle).

Un autre phénomène, probablement secondaire et difficile à évaluer, est la migration des particules solides perpendiculairement au flux gazeux par suite de leurs chocs multiples avec les fils des grilles ; ce phénomène, purement aéraulique, n'est pas amplifié en régime cyclique mais il contribue certainement à réduire l'effet de bipasse.

De manière avantageuse, les grilles métalliques formant les empilements de grilles logés dans les zones de stérilisation sont réalisées en aluminium, ou en cuivre, ou en fer galvanisé, ou en acier inoxydable. Ces grilles sont par

exemple exécutées sous forme de tissus métalliques ou en métal déployé présentant des caractéristiques aérauliques voisines.

6) Un des inconvénients du régime cyclique est qu'il rend difficile l'obtention d'une efficacité d'échange thermique supérieure à 97%. En effet, à la fin du  
5 demi-cycle correspondant à la Figure 1, les zones 5 et 6 sont froides et contiennent de l'air non stérilisé ni réchauffé. Le balayage provenant des zones 6 et 9 dans le demi-cycle qui suit, rejette cet air qui sera mélangé ensuite avec l'air stérile.

Pour un cycle complet de 20 secondes, ce volume d'air, pour l'appareil  
10 décrit dans l'exemple 1, est de 0,025 m<sup>3</sup> comparé au 1,1 m<sup>3</sup> traité pendant ce cycle. Il y a donc, au point de vue de la stérilisation une perte d'efficacité de 2 à 3%, ce qui n'a pas de conséquence notable pour la consommation énergétique mais peut avoir une influence importante sur la qualité de l'air obtenu.

Jusqu'ici, on a décrit un appareil fonctionnant uniquement avec les deux  
15 électrovannes principales 3. L'incorporation des deux électrovannes supplémentaires 4 que l'on nommera "électrovannes de purge" permet de supprimer cet inconvénient. La minuterie électronique du système de programmation cyclique permet d'ouvrir l'une ou l'autre de ces électrovannes  
20 pendant un temps déterminé (1 seconde par exemple) et de recycler l'air non traité vers l'aspiration du ventilateur (figure 3). Dans ce cas, l'air stérile n'est donc produit que pendant 9 secondes, par demi-cycle. Ce balayage permet également de recycler des microorganismes qui, éventuellement, seraient restés « accrochés » sur les grilles.

25 Le taux de recyclage peut être augmenté à volonté, ce qui par passage multiple, accroît l'efficacité de la stérilisation.

On observe que l'efficacité (taux de transformation) de la stérilisation, abstraction faite, du phénomène de purge, peut être bien plus élevée que l'efficacité thermique de l'échangeur, car la destruction d'un microorganisme  
30 dépend à la fois de la température et du temps passé à cette température mais la fonction de la température est une exponentielle tandis que la fonction du temps est linéaire. Le rôle de l'exponentielle n'existe pas dans l'échange de chaleur qui, par contre, est favorisé par l'amélioration due au régime

cyclique, ce qui, à son tour, se traduit par un nivellement des températures et, par conséquent, une amélioration de l'efficacité de la stérilisation.

D'après des études cinétiques publiées concernant les phénomènes de stérilisation, on peut estimer qu'une différence de 15°C entre deux portions  
5 d'une même grille de l'échangeur se traduirait par une augmentation (ou diminution) par un facteur 30 de la vitesse locale de stérilisation.

#### PROTOTYPE ET PROTOCOLE D'ESSAIS

Les essais décrits dans les trois exemples suivants ont tous été effectués dans un appareil unique, tel qu'il est représenté sur la Figure 1.  
10 Pour faciliter la mise en œuvre des essais, le filtre à poussières (2) a été enlevé et l'appareil a été placé directement dans une hotte de laboratoire à flux laminaire équipée d'un filtre HEPA, dont le débit d'air est supérieur au débit d'air du prototype. Le débit d'air dans la zone de stérilisation était égal à 200m<sup>3</sup>/h, ce qui était obtenu en jouant sur la vitesse du moteur par  
15 l'intermédiaire d'un auto-transformateur.

La durée d'un cycle complet était choisie égale à 20 secondes, chaque purge durant 1 seconde. Les électrovannes principales 3 sont donc inversées  
toutes les 10 secondes, et les électrovannes de purge 4 inversées pendant 1  
seconde au début d'un demi-cycle. Le débit d'air réellement produit est donc  
20 de 180 m<sup>3</sup>/h.

La zone de stérilisation et d'échange thermique est constituée d'une boîte métallique en acier inoxydable de faible épaisseur (0,2mm), en vue de réduire la conduction thermique longitudinale par les parois. Sa section est carrée, de 30 cm de côté et sa longueur de 25 cm. ; elle est calorifugée sur  
25 les quatre côtés par 2,5 cm de laine de roche. Chaque empilement 8 et 9 est, par exemple, constitué par 120 grilles accolées (mais non comprimées) pour une longueur totale de 10 cm. Ces grilles sont des carrés de 30 cm x 30 cm découpés dans des toiles métalliques commercialisées par la Société Gantois. Les fils de ces grilles traversent de part en part la section carrée (ou  
30 autre) sans qu'il y ait rupture de la conduction thermique le long des fils.

Avec un débit de 200 m<sup>3</sup>/h la perte de charge correspondant aux 240 grilles est de l'ordre de 2 mbar (soit : 2 hecto pascal). La perte de charge dans les diffuseurs 11 est égale à 0,1 mbar. Les pléniums 5 et 6 ont une longueur de 10 cm.

La résistance 7 est connectée à un auto-transformateur, ce qui permet de sélectionner la température maximum de stérilisation.

L'efficacité thermique de l'échangeur est calculée à partir des mesures de plusieurs thermocouples installés dans l'appareil.

5 L'efficacité de la stérilisation est mesurée par injection à l'entrée du ventilateur d'un aérosol d'un spore très résistant à la chaleur sèche, le *Bacillus Subtilis* (variété niger), généralement utilisé pour vérifier la stérilité des matériaux après traitement thermique en enceinte fermée. Ces bacilles ne sont pas pathogènes. On prépare plusieurs suspensions à différentes  
10 teneurs en spores ; le liquide est introduit à l'aide d'une pompe péristaltique à vitesse variable dans un atomiseur-sonificateur de 20 kHz ( de marque *Sonics and Materials*), les gouttelettes obtenues ayant en moyenne 90 µm de diamètre. Ces gouttelettes sont instantanément vaporisées à l'intérieur du ventilateur et un aérosol solide est obtenu et dispersé de façon homogène  
15 dans le flux de 200m<sup>3</sup>/h.

Un biocollecteur SAS Super 100 est utilisé pour prélever des échantillons avant et après la stérilisation par impactage des microorganismes sur gélose après aspiration d'un certain volume d'air. Ce contrôleur d'hygiène est équipé d'une tête de prélèvement pour boîtes de  
20 Petri de diamètre 90 mm. Le bacille étant relativement inerte, il est conseillé d'utiliser comme milieu de culture, le trypticase – soy agar (TSA) et une température d'incubation de 56°C.

Les échantillons ont été confiés à un laboratoire privé d'analyses de biologie médicale à la fois pour l'incubation et le comptage des colonies et  
25 pour certains problèmes liés à la stérilisation des matériels.

#### EXEMPLE 1

Le prototype décrit précédemment est équipé de toiles d'aluminium d'ouverture nominale 1,4 mm et dont la porosité volumique est égale à 0,875.  
30 Le diamètre des fils est de 0,265 mm.

Après une période de 20 minutes, correspondant à 60 cycles de 20 secondes, le régime pseudo-stationnaire est atteint. La température d'entrée dans un empilement est égale à 25°C (échauffement de 2° dans le ventilateur), 190°C à la sortie de l'empilement et 200°C après avoir traversé

la section occupée par la résistance électrique. La température moyenne de sortie est égale à 33°C, ce qui correspond par conséquent à une efficacité thermique de 95,4%. L'énergie électrique consommée à la résistance est de 0,660 kwh par heure, à laquelle il convient de rajouter à 0,100 kwh par heure  
5 consommé par le ventilateur, soit au total 0,760 kwh pour 180 m3 d'air stérile. Au prix de € 0,07 le kwh, la dépense est de € 0,04 par heure.

Dans un essai type, l'air à stériliser contenait 1200 bactéries / m3, ou plus exactement 1200 cfu (colony-forming unit) par m3. L'air traité contenait 6 cfu / m3, c'est à dire que l'efficacité de la stérilisation était égale à 99,5 %.  
10 Cette efficacité est nettement supérieure à l'efficacité thermique (l'inefficacité thermique est de 4,6 % ; l'inefficacité de la stérilisation égale à 6/1200, est de 0,5 %, donc environ 10 fois plus faible. L'efficacité de la stérilisation devrait croître rapidement avec la température maximale d'opération, mais l'imprécision du comptage des colonies ne permet pas d'évaluer cet  
15 accroissement. En revanche, l'efficacité thermique est pratiquement indépendante de cette température (la consommation énergétique croît légèrement quand la température augmente par suite des pertes à travers du calorifuge).

#### EXEMPLE 2

20 La conduction thermique transversale obtenue grâce aux fils métalliques est illustrée par cet exemple. L'origine de ce phénomène, déjà mentionné, est évidemment le nivellement des températures d'une même grille par l'augmentation du temps de transfert (voisin mais non égal à 10 secondes) en régime cyclique pseudo-stationnaire, bien supérieur au temps  
25 très court (1/10 seconde) de traversée de l'empilement. Trois toiles métalliques (tissus à mailles carrées) de la Société Gantois ont été comparées au moyen du prototype. Les trois toiles (Cuivre, Acier galvanisé, Acier inoxydable 316 L) ont une ouverture nominale de 1,5 mm. et des fils de  
30 0,5 mm. de diamètre, c'est à dire des dimensions identiques et la même porosité volumique égale à 81 %. Une toile en aluminium présentant les mêmes caractéristiques n'existe pas dans le commerce et ces toiles n'existent pas à l'ouverture nominale de 1,4 mm. de l'exemple 1. Le tableau suivant permet de comparer les propriétés des quatre métaux (en valeurs relatives).



Dans les trois essais (Cuivre, Fer Galvanisé, Acier Inoxydable) le nombre de grilles était identique (60 dans chacun des empilements). Toutes les autres conditions de fonctionnement étaient identiques à celles de l'exemple 1, ainsi que le protocole de mesure des efficacités.

5

	Conductivité	Chaleur	Masse
	Thermique	Spécifique	Spécifique
Cuivre	24	0,77	1,11
Aluminium	13,6	1,9	0,34
Fer galvanisé	3,2	1,0	0,98
Acier Inoxydable 316L (Référence)	1	1	1

Les trois essais ont permis de mesurer les efficacités thermiques suivantes :

	Cuivre	0,96
10	Fer Galvanisé	0,93
	Acier Inoxydable	0,92

Le seul facteur qui explique ces différences est bien la conductivité thermique du métal, les deux autres facteurs (chaleur spécifique et masse spécifique) étant pratiquement identiques. On notera que l'inefficacité passe de 8 % (Acier Inoxydable) à 4 % (Cuivre). L'aluminium aurait une performance voisine de celle du cuivre.

L'analyse de la carte des températures à la sortie de la zone de préchauffage a montré que des différences de température de l'ordre de 15°C sont observables en différents points de la section transversale, cela dans le cas des grilles d'acier inoxydable mais les écarts sont beaucoup plus faibles avec les grilles de cuivre. Il y a donc bien nivellement des températures, favorisé en régime cyclique par une conductivité thermique élevée.

Les résultats concernant l'efficacité de stérilisation sont les suivants :

	Cuivre	99,5
25	Acier Galvanisé	97
	Acier Inoxydable	95

L'inefficacité passe de 5 % (Acier Inoxydable) à 0,5 % (Cuivre), soit un facteur de 10 plus important que celui observé (égal à 2) pour l'inefficacité thermique.

En supposant que la différence de température observée (15°C) sur  
5 une section correspond à environ 20 % de la section de passage et que cette  
baisse de température soit due à un débit local trop élevé de 20 % dans cette  
partie de l'appareil, on peut calculer, par bilan, que l'inefficacité due au  
bipasse est multipliée par 8. Cela pour un facteur de réduction de la vitesse  
de stérilisation de 30 pour une baisse de 15°C ; ce facteur est du même ordre  
10 que celui observé et égal à 10. Ce calcul n'a qu'une valeur d'illustration  
qualitative et est très approximatif.

### EXEMPLE 3

La purge, égale à 10 % de l'air traité dans les exemples précédents,  
joue évidemment un rôle important sur la qualité de l'air obtenu. On compare  
15 les performances de l'essai de l'exemple 1 à celles obtenues en supprimant  
la purge.

Les électrovannes de purge 4 sont maintenues en permanence en  
position fermée, c'est à dire dans les positions représentées dans la Figure 1.

L'efficacité de l'échangeur de chaleur n'est pas modifiée par la  
20 suppression des deux purges. A la fin d'un cycle de préchauffage, le volume  
d'air dans les zones 5 et 8 (ou 6 et 9) est égal à 0,0125 m<sup>3</sup> soit 0,025 m<sup>3</sup>  
pour un cycle complet de 20 secondes et un débit d'air par cycle de 1,11 m<sup>3</sup>.  
Un temps de purge de 0,125 secondes sur chacune des électrovannes 4  
serait, en principe suffisant pour éliminer l'air non traité, c'est à dire 2,25 %.  
25 L'inefficacité globale du stérilisateur de l'exemple 1 devient alors égal à :

$$0,9775 \times 0,005 + 0,0225 \times 1 = 0,0274$$

C'est à dire 5,5 fois plus élevée qu'en présence de la purge.

Il n'est pas indispensable d'utiliser un taux de purge de 10 %, mais  
dans tous les cas un taux supérieur à 5 % est utilisé pour compenser les  
30 problèmes de brassage dans le circuit de purge et éliminer certaines  
particules solides qui pourraient adhérer aux grilles froides.

La perte d'efficacité due à ce bipasse « externe » ne peut pas être  
modifiée en jouant sur l'uniformité des vitesses et de nivellement des  
températures dans une section de passage de l'air, pas plus qu'en

augmentant le nombre de grilles ou en augmentant la température de stérilisation. La purge est donc indispensable, à moins que la préférence soit donnée à un recyclage externe dans la pièce à décontaminer.

5 L'influence du bipasse « interne », tel qu'il est décrit dans l'exemple 2, au contraire, peut être réduite en uniformisant les vitesses et les températures, en augmentant le nombre de grilles et la température de stérilisation.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé pour stériliser thermiquement l'air de ventilation des locaux nécessitant un air à faible teneur en micro-organismes, caractérisé en ce que  
5 l'air à stériliser est mis en circulation forcée, de manière cyclique et selon des flux de sens alternativement contraires, par exemple au moyen d'un ventilateur (1) et d'électrovannes de distribution (3), à travers une enceinte de stérilisation thermique (12) renfermant une résistance électrique (7) positionnée entre deux empilements de grilles métalliques (8, 9),  
10 perpendiculairement auxdits empilements de grilles.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on réalise une dissipation de l'énergie du flux gazeux en le faisant transiter dans des zones vides ou plénums (5, 6) réservées à l'entrée et à la sortie de l'enceinte de stérilisation thermique (8-7-9).
- 15 3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la fréquence de l'inversion du sens du flux d'air est supérieure à une inversion par minute.
4. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, selon lequel chaque cycle est constitué de deux demi-cycles, de préférence d'égale durée,  
20 caractérisé en ce que l'air non traité à la fin de chaque demi-cycle est recyclé vers l'aspiration du ventilateur (1).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que le ventilateur (1) est installé de manière à déplacer l'air ambiant aspiré, durant le premier demi-cycle, à travers l'une des électrovannes de distribution  
25 (3), puis d'une zone vide (5) ou plénum, puis de l'un des deux empilements de grilles métalliques (8), puis d'une zone de chauffage (7), puis du deuxième empilement de grilles métalliques (9), puis d'une deuxième électrovanne de distribution (3), puis, enfin, vers le local à ventiler ou à travers d'une vanne de purge ; l'air suit le trajet inverse après l'inversion des vannes de distribution  
30 (3), pendant toute la durée du deuxième demi-cycle.

6. Appareil pour stériliser thermiquement l'air de ventilation des locaux nécessitant un air à faible teneur en micro-organisme, comprenant une enceinte de stérilisation thermique (12) et des moyens permettant d'établir une circulation d'air forcée à travers ladite enceinte, ces moyens comprenant, par exemple, un ventilateur centrifuge (1), et des électrovannes de distribution (3) caractérisé en ce que ladite enceinte de stérilisation thermique (12) renferme une résistance électrique (7) disposée entre deux empilements de grilles métalliques (8, 9), et en ce que les moyens permettant d'établir une circulation d'air forcée à travers ladite enceinte de stérilisation thermique comprennent un système de programmation cyclique, des électrovannes (3) et un circuit d'air permettant de diriger le flux d'air produit, alternativement, d'un côté et de l'autre de ladite enceinte, perpendiculairement aux empilements de grilles métalliques (8, 9).
7. Appareil selon la revendication 6, caractérisé en ce que le circuit d'air comprend deux zones vides ou plénums (5, 6) ménagées devant les faces d'entrée/sortie (11) de l'enceinte de stérilisation thermiques (8-7-9).
8. Appareil selon la revendication 7, caractérisé en ce que le volume des zones vides (5, 6) ménagées devant les faces d'entrée/sortie (11) de l'enceinte de stérilisation thermique (12) est égal ou supérieur au volume des empilements de grilles (8, 9).
9. Appareil selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que la face d'entrée de chaque empilement de grilles (8, 9) est matérialisée par une plaque perforée (11) percée de nombreux trous de diamètres différents.
10. Appareil suivant l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que les grilles métalliques sont constituées de tissus métalliques continus, réalisé avec un fil présentant un diamètre compris entre 0,1 mm et 1 mm.
11. Appareil selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que les grilles métalliques (8, 9) sont réalisées en métal déployé.

12. Appareil selon l'une quelconque des revendications 6 à 11, caractérisé en ce que les grilles métalliques (8, 9) ont une porosité volumique comprise entre 75 % et 95 %.
- 5 13. Appareil selon l'une quelconque des revendications 6 à 12, caractérisé en ce que les grilles métalliques constituant les empilements de grilles (8, 9) sont réalisées dans un métal présentant une très grande conductivité thermique, par exemple en aluminium, ou en cuivre, ou en fer galvanisé.
- 10 14. Appareil suivant l'une quelconque des revendications 6 à 13, caractérisé en ce que chaque empilement de grilles (8, 9) a une conductivité thermique qui est très grande dans une section perpendiculaire à l'axe principal dudit empilement et pratiquement nulle dans la direction de cet axe.
- 15 15. Appareil suivant l'une quelconque des revendications 6 à 14, caractérisé en ce que la résistance électrique (7) est disposée dans la partie médiane de l'enceinte de stérilisation (12) et elle est conformée pour présenter une surface d'échange importante à travers la section carrée ou rectangulaire de ladite enceinte de stérilisation.
16. Appareil selon l'une quelconque des revendications 6 à 15, caractérisé en ce qu'il comprend des électrovannes de purge (4) permettant de recycler l'air non traité vers l'aspiration du ventilateur à la fin de chaque demi-cycle.
- 20 17. Appareil suivant l'une quelconque des revendications 6 à 16, caractérisé en ce que la section de l'enceinte de stérilisation (12) est carrée ou rectangulaire, et en ce que les organes operculaires des électrovannes (3, 4) sont constitués par des volets mobiles ayant une longueur identique à celle du côté le plus grand de ladite section.

## ABREGE

Procédé pour stériliser thermiquement l'air de ventilation des locaux nécessitant un air à faible teneur en micro-organismes, caractérisé en ce que l'air à stériliser  
5 est mis en circulation forcée, de manière cyclique et selon des flux de sens alternativement contraires, par exemple au moyen d'un ventilateur (1) et d'électrovannes de distribution (3), à travers une enceinte de stérilisation thermique (12) renfermant une résistance électrique (7) positionnée entre deux  
10 empilements de grilles métalliques (8, 9), perpendiculairement auxdits empilements de grilles.

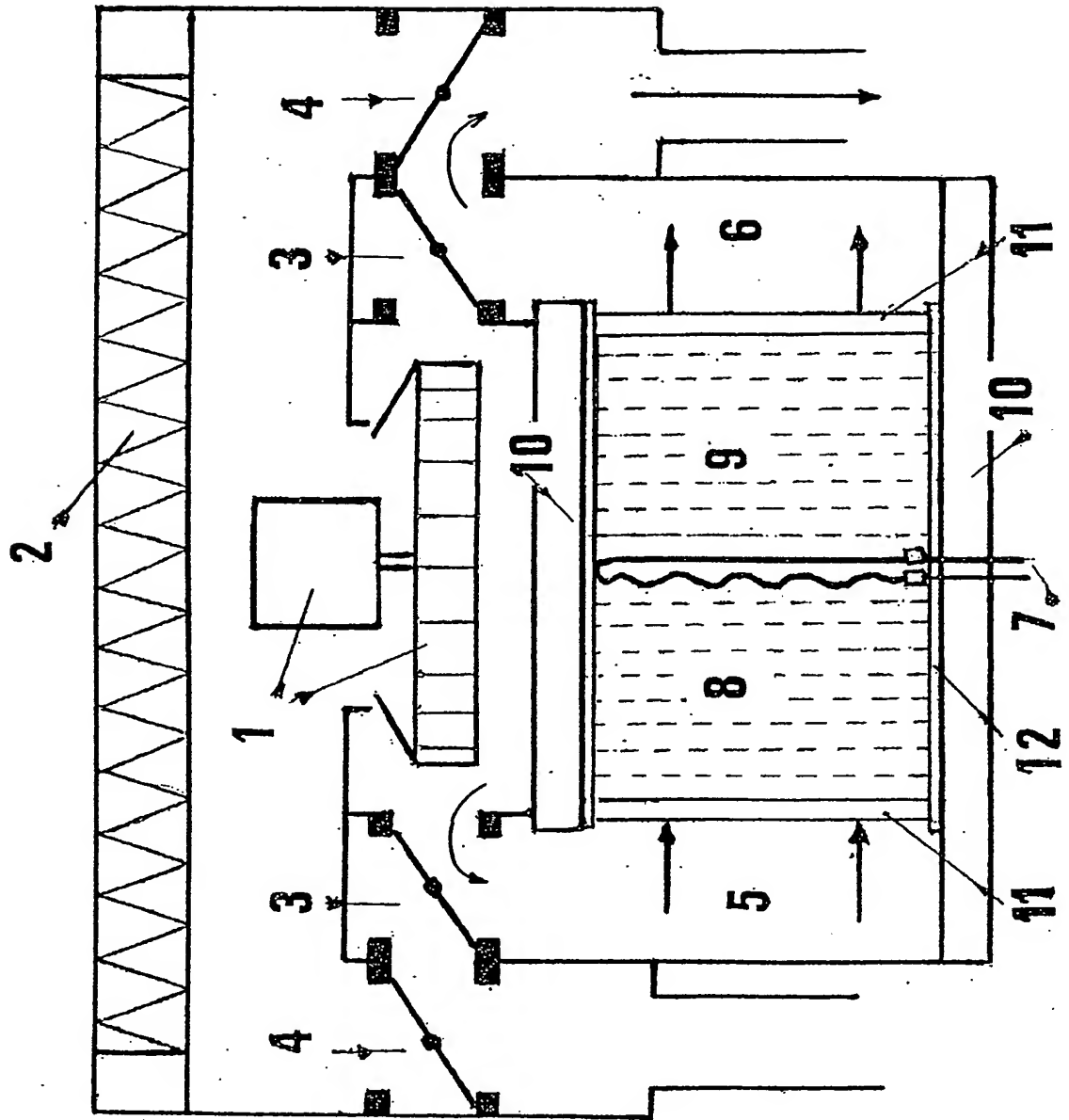


Fig.1



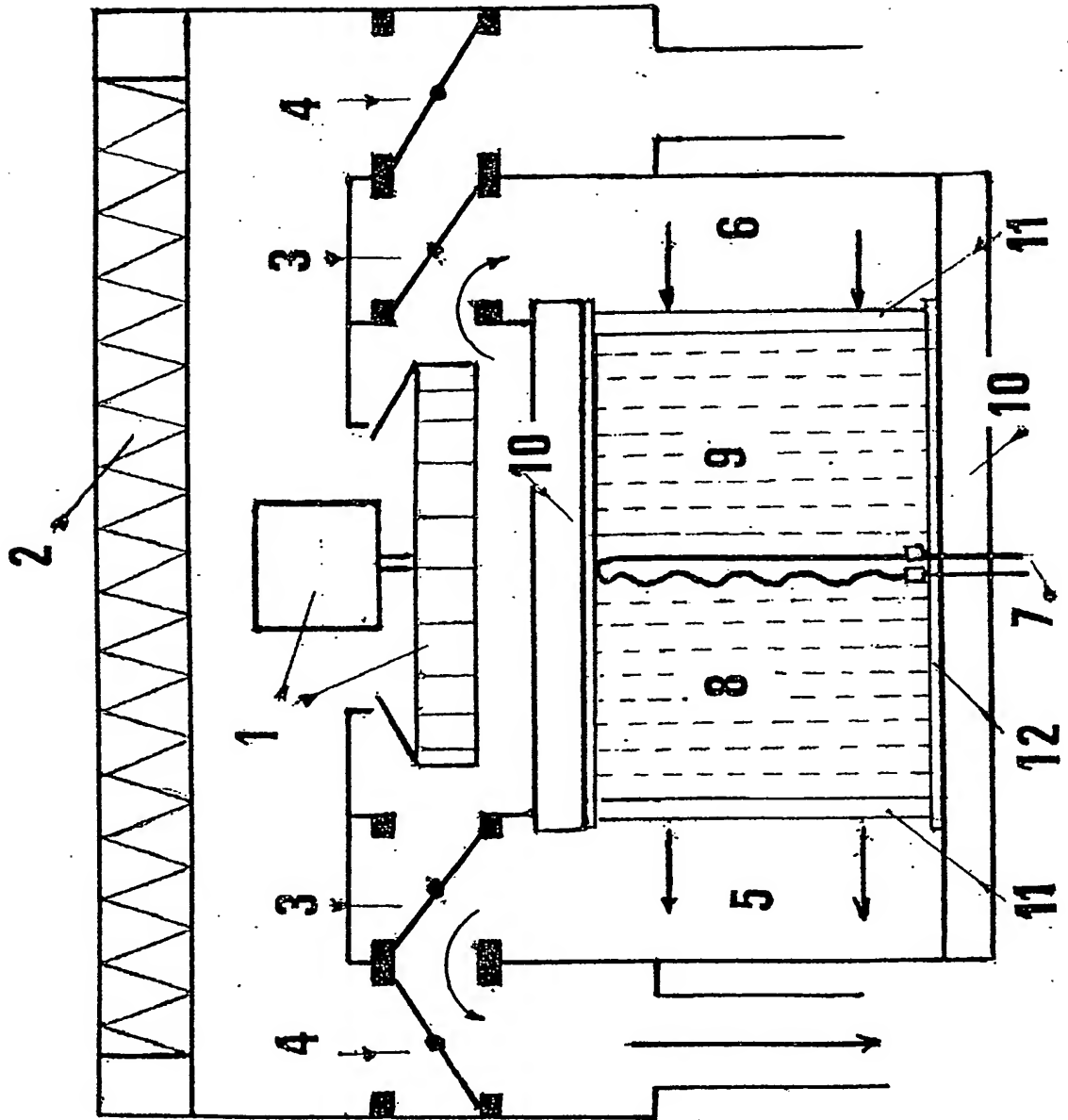


Fig.2

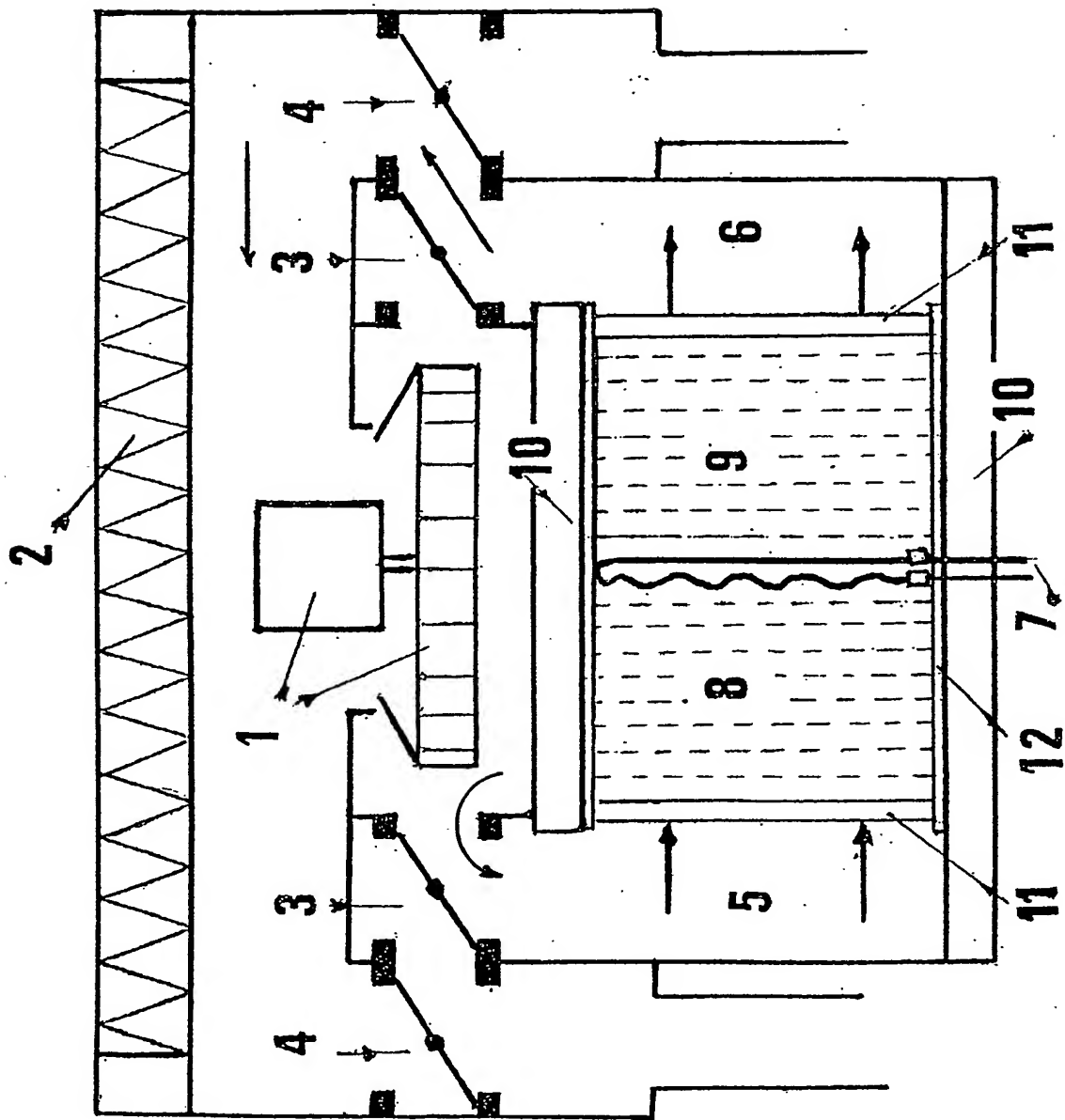


Fig. 3.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**